

Title	準結晶(準結晶,基研短期研究会「トポロジーの物理への応用」報告,研究会報告)
Author(s)	二宮, 敏行
Citation	物性研究 (1988), 49(6): 516-518
Issue Date	1988-03-20
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2433/92972">http://hdl.handle.net/2433/92972</a>
Right	
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	publisher

## 研究会報告

### [5] Berry の位相

高野健一(名大・理): 物性における Berry の位相

青木秀夫(東大・理): ヤーン・テラー効果における Berry の位相

### [6] Index 定理

江口 徹(東大・理): Index 定理: introduction

平山 実(富山大・理): 場の量子論と index 定理

### [7] ゲージ場のトポロジー

大貫義郎(名大・理): (2+1)次元時空におけるスピンと統計

11月28日

倉辻比呂志(立命館大・理工), 飯田普司(阪大・核物セ): Phase ホロノミー

原田恒司, 筒井泉(東工大・理): Anomalous なゲージ理論

尾高一彦, 伊藤敏晴(筑波大・物理): 時間依存の粒子描像における量子ホロノミーとゲージ不変な量子化

豊田文彦(近畿大・九州工): Weinberg-Salam 模型における古典解

三宅章吾(東北大・工), 静谷兼一(東北大・理): アノマリーをもつ2次元の solvable ゲージ・モデル

柏太郎, 船久保公一(九大・理): カイラル・ゲージ不変な格子上のフェルミオンの理論

川村嘉春, 田村博志(金沢大・理): Fermionic determinant とカイラル異常

### [8] 量子ホール効果

松山豊樹, 石川健三(北大・理): 量子ホール効果と QED

## 準 結 晶

東大・理 二 宮 敏 行

### 1. はじめに

準結晶(quasicrystal)とは、液体から急冷した  $\text{Al}_6\text{Mn}$  において見出された(1984年)特異な構造を持つ固体相である。<sup>1)</sup> この固体相の電子線回折パターンは、方向により5, 3, 2回対称を示し、その角度関係から、正20面体対称を持っている。このような対称性は周期的構造とあいられない。したがって、この新しい固体相は結晶ではない。しかし、シャープな回折斑点は、何らかの意味の長距離秩序の存在を意味している。一体、このような性格を持つ構造とは、具体的にどのようなものであろうか。

なお、準結晶をつくる物質は、その後、かなり数多くの2元、あるいは3, 4元合金で見出されるにいたった。特に、 $\text{Al-Li-Cu}$ ,  $\text{Al-Cu-Fe}$  の準結晶相は、徐冷、あるいは融点直下の温度での焼鈍にも安定であることが見出されている。

## 2. 準結晶の構造

先に述べた構造，すなわち，非周期的で長距離秩序のある構造とはどのようなものであろうか。この問題は，

- a) 構造の骨格は何か，
- b) どのように原子を配置するか，

の2つの段階で議論されているが，ここの話は，前者に限ろう。

実は，このような構造の例は，1984年の準結晶の発見以前に（1970年代），2次元タイリングの問題として議論されていた。<sup>2)</sup> 現在，この模様は，発見者の名前をとって，ペンローズ模様あるいは，ペンローズ・タイリングと呼ばれている。

この模様は次の性格を持っている。

① 2種類の菱形から成っている。せまい方の角度は，一方は $72^\circ$ ，他方は $36^\circ$ である。

② したがって，菱形の辺の方向は， $36^\circ$ ずつ傾いた5つの方向のどれかに平行である（ボンドの方向秩序と呼ばれている）。

③ 菱形のつなぎ方にある規則（matching rule）を与えると，この2種の菱形で2次元平面（無限平面）を隙間なく，しかも，非周期的に埋める。

④ この模様は自己相似である。

⑤ この模様の中に，有限の大きさ  $d$  のパターンを考えると，同じパターンが必ず  $2d$  の距離内に存在（向きは変っている）する（Conway の定理）。

このような非周期模様の構成方法は，1984年以降に一般化され，GDM法<sup>3)</sup>（generalized dual method），高次元空間から低次元空間への射影<sup>4), 5)</sup>などの方法により，多様な非周期模様が作られるにいたっている。なお，3次元の場合は，平行6面体から構成される。

この種の構造の中にも，欠陥の存在を考えることが出来る。フェイゾン（phason）と呼ばれる欠陥は，局所的なつなぎかえで得られるものであり，転位（dislocation）は大域的な結合のずれをひきおこす欠陥である。

## 3. 準結晶の電子状態

前に述べたように，準結晶は，非周期的であるが長距離秩序のある構造を持っている。したがって，その構造に伴う電子状態は，結晶の場合（ブロッホ状態）とも，ランダムな場合（アンダーソン局在）とも異なったものが期待される。

一次元準周期格子（フィボナッチ列）の場合は，割によく調べられており<sup>6)</sup>

① 固有エネルギーのスペクトルはカントールのである。

② エネルギー・ギャップの分布は，ギャップ幅の逆巾で与えられる。

③ 許されたバンドの幅の総和は，系のサイズと共に小さくなる。無限系では零になる。（ルベック measure が零）

④ 波動関数の空間的振舞いは，自己相似か，カオティックである（critical と呼ばれる）。

文 献

- 1) D. Shechtman, I. Blech, D. Gratias and J. W. Cahn, Phys. Rev. Lett. 53 (1984) 1951
- 2) M. ガードナー, 別冊サイエンス 36「数学ゲームⅢ」(1981) p. 30~40
- 3) J. E. Socolar, P. J. Steinhardt and D. Levine : Phys. Rev. B 32 (1985) 5547
- 4) M. Duneau and A. Katz ; Phys. Rev. Lett. 54 (1985) 2688
- 5) V. Elser ; Acta Cryst. A42 (1986) 36
- 6) 解説としては, 甲元真人, 日本物理学会誌 42 (1987) 433

粒子配置のトポロジー

筑波大学物理工学系 小 川 泰

連続空間における任意の粒子配置、より一般的には点配置を、トポロジカルにあるいはグラフ的に特徴づける Voronoi-Delauney の描像を中心に、結晶、液体、ガラス状態、準結晶などの構造秩序の概念を考える。いわば、点配置をなわばりあるいはその隣接関係としてとらえる見方である。2次元配置は、多角形分割、タイル貼りあるいは3角形網の特徴づけ問題に帰着する。3次元問題は多面体分割の問題に帰着するが、その際に必要な多面体の分類問題は、球面上の多角形分割、タイル貼りあるいは3角形網の特徴づけ問題でもある。Euler-Poincaré の関係が基本である。

この研究会でのいろいろな発表をきいていると、トポロジーの応用方法は、整数固有値を導く手段であったり、幾何学的な特異点の分類であったりが主流のようである。物性分野では、原子種の混ざり具合は不規則だが原子配置自体は結晶的な合金構造に対して、非晶質や液体のように、配置自体が乱れた構造をトポロジー的に乱れた構造と呼んでいる。そのような構造の取り扱いかが一つの重要な問題であり、その理解とともに、結晶の存在を前提とした従来の固体論の枠を越えようとしている。私にとってはそれが学際研究「形の科学」の一つの柱でもあるが、「トポロジーの物理への応用」として想起するのは、構造の特徴を、座標や、長さ、体積、等々といった計量的な捉え方から脱却して、つながり具合を中心に特徴付けを行う見方である。特に、正20面体的な構造は、超微粒子のような有限系では、同じ物質が結晶とは異なった構造をもつ場合もあり、また、液体でもこのような環境を持つ分子が多数あると考えられている。結晶化しそこなって非晶質になる場合にも正20面体的な構造が重要であると考えられてきた。準結晶は、そのような構造が長距離秩序をも組みうるということを示したものである。

今後も継続がきたいされる異分野間の交流という観点からは、各論的な詳報よりも、まずは基本的な立場の相違を理解することから始めることが重要であろう。実は詳しい報告を書くつもりであったが時間がなくなってしまった。当日は、もっとたくさん具体的なこともしゃべったが、今回はこのくらいにして、詳しくは次の機会に譲りたい。